

J.Agromet Indonesia 21(1):36-46

KETERKAITAN CUACA DI INDONESIA DENGAN FENOMENA BINTIK MATAHARI (SUNSPOT)

(Relationship Between Weather in Indonesia and Sunspot Phenomenon)

Basyaruddin¹ dan S.Effendy²

Departemen Geofisika dan Meteorologi, FMIPA-IPB

ABSTRAK

Aktivitas matahari berhubungan dengan aktivitas cuaca dan iklim dalam skala yang luas. Emisi gelombang pendek yang berasal dari letusan di permukaan matahari mampu mempengaruhi tingkat pemanasan pada atmosfer bumi hanya dalam jangka waktu relatif singkat, kemudian secara tidak langsung akan mempengaruhi pola sirkulasi atmosfer ke arah kutub pada daerah lintang tinggi, atau dengan kata lain bahwa kenaikan tekanan paras muka laut ke arah kutub bertambah besar dari daerah lintang yang mendapatkan suplai panas maksimum (ekuator). Berdasarkan penelitian bahwa efek yang ditimbulkan oleh aktivitas matahari terhadap permukaan bumi tidak bersifat langsung. Akan tetapi, atmosfer adalah bagian bumi yang pertama menerima efek dari perubahan yang terjadi di permukaan matahari. Efek yang ditimbulkan berbeda tiap lapisan atmosfer. Bagian atmosfer atas yang banyak kita kenal sebagai lapisan ionosfer (merupakan lapisan mesosfer dan termosfer) merupakan lapisan yang banyak mengandung elektron-elektron bebas. pada ketinggian sekitar 225 km, mengalami densitas elektron bervariasi secara harian, musiman dan bergantung pada posisi matahari, serta dipengaruhi juga oleh adanya fenomena siklus 11-tahunan (*sunspot*). Pengaruh *sunspot* terhadap cuaca di Indonesia berbentuk persamaan nonlinier-kubik. Radiasi akan mengalami peningkatan apabila ada pengaruh kenaikan jumlah nilai sunspot di permukaan matahari. Sedangkan suhu udara dan kelembaban nisbi udara (RH) tidak langsung dipengaruhi oleh perubahan *sunspot*. Hal ini dikarenakan suhu dan RH lebih dipengaruhi oleh penerimaan radiasi matahari permukaan bumi serta lintang dan tempat. Hal yang menarik adalah adanya perbedaan antara hasil penelitian dengan literatur. Literatur menjelaskan bahwa suhu udara rata-rata di daerah tropika lebih rendah selama periode *sunspot*. Sedangkan hasil penelitian menjelaskan hal yang sebaliknya.

Kata Kunci : *Sunspot*, cuaca, radiasi, suhu, kelembaban relatif,

ABSTRACT

The Sun activity was correlation with weather activities in global scale. Shortwave emission from flare sun space could be impact warmer in earth atmosphere only a short time and indirect caused atmospheric circulation pattern through polar direction from equator with more heater than the other palaces. Based on research the sun activity can caused indirect on the earth. On the other hand, atmosphere is in the first time accept effect modify from sun space. The effect is not the same at every layers of atmosphere. In the top atmosphere (Ionosphere) was layer with more free electron at the 225 km level occurred electron density diurnal and seasonal variation depend on sun position, and sun spot cycle. Sun spot impact on Indonesian weather with non-linier cubic equation. Solar radiation higher if increase amount of sun spot in the sun space. On the other hand, temperature and relative humidity influenced by outgoing radiation from earth, latitude and local topography specific than sunspot. It is interesting to note that this study different with literature. This study

Penyerahan naskah : 18 Februari 2007

Diterima untuk diterbitkan : 19 Mei 2007

found average temperature in the tropic area the most highest than others area is contrary with literature.

Keywords: Sunspot, weather, radiation, temperature, relative humidity

PENDAHULUAN

Sinar matahari yang sampai di bumi merupakan sumber utama energi yang menimbulkan segala macam kegiatan atmosfer seperti hujan, angin, siklon tropis, musim panas, musim dingin, pola iklim di suatu wilayah dan berbagai pengaruhnya seperti pertumbuhan tanaman, penyediaan air tanah dan sebagainya.

Untuk mengukur banyaknya energi sinar yang sampai di bumi digunakan besaran yang disebut “tetapan matahari” atau *solar constant*, yaitu banyaknya energi sinar yang jatuh pada bidang mendatar secara tegak lurus di puncak atmosfer tiap satuan waktu tiap satuan luas bidang tersebut dengan meniadakan penyerapan oleh atmosfer. Besarnya tetapan matahari dinyatakan dengan satuan Watt/m². Rata-rata besar tetapan matahari antar Matahari dan Bumi yaitu sekitar 0.115 Mj/m² /hari (Lean and Rind, 1996) Menurut Chapman *dalam* Yatini (2004) mengungkapkan bahwa besarnya *solar constant* antara siklus matahari minimum dan maksimum adalah sekitar 0.1%. Menurut Donal *dalam* Susanto (2003) fluktuasi tersebut antara lain disebabkan oleh perubahan jarak antara matahari dan bumi karena lintasan bumi mengelilingi matahari tidak merupakan lingkaran tetapi berbentuk ellips dengan matahari terletak pada salah satu titik apinya. Penyebab kedua terjadinya perubahan fluktuasi tetapan matahari ternyata berasal dari bintik matahari (*sunspot*). Di samping itu pada setiap ledakan matahari dikeluarkan sejumlah sinar ultraviolet yang dapat menambah energi sinar matahari dalam daerah gelombang sinar tersebut.

Bagaimana pengaruh kegiatan matahari terhadap cuaca? Hal ini lebih sulit daripada pengaruh bintik matahari terhadap iklim, karena cuaca merupakan keadaan sesaat dari atmosfer sedangkan iklim merupakan keadaan rata-rata dari cuaca dalam suatu kurun waktu yang panjang. Berdasarkan hasil penelitian/riset tentang *sunspot*, menyimpulkan bahwa di daerah tropika, suhu udara rata-rata lebih rendah selama periode *sunspot* maksimum dan lebih tinggi dari harga normal selama periode *sunspot* minimum. Keadaan yang sama juga berlaku bagi daerah lintang sedang, tetapi justru kebalikannya bagi daerah subtropika yang kering. (Susanto, 2003)

Hasil penelitian Christiani (2004) menyimpulkan bahwa pengaruh *sunspot* terhadap keadaan curah hujan dan radiasi harian di beberapa tempat di Indonesia menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan, dimana *sunspot* mempunyai pengaruh yang nyata terhadap keadaan curah hujan dan radiasi harian, maka dengan ini penelitian ini perlu dilakukan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh siklus bintik matahari (*sunspot*) terhadap perubahan radiasi, suhu dan RH di Indonesia.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan tempat

Penelitian dilakukan di Laboratorium Meteorologi dan Kualitas Udara Departemen Geofisika dan Meteorologi FMIPA IPB, pada bulan Mei 2006 – Maret 2007

Bahan dan data yang digunakan

Data yang diperlukan dalam analisis ini adalah 1) Data bintik matahari selama 25 tahun periode 1980-2004 (Sumber : NASA), 2) Data cuaca harian (Radiasi, Suhu dan RH) di Indonesia meliputi : Padang kemilang-Bengkulu periode 1980-2002, Geofisika Bandung periode 1980-2002, Blang Bintang-B.Aceh periode 1980-2000, Jatiwangi periode 1980-2002, Pangkal Pinang periode 1980-2002, Banyuwangi periode 1980-2000, Simpang Tiga Pekanbaru periode 1980-2000, Palmerah Jambi periode 1980-2002, Semarang Ahmad Yani periode 1980-2002, Surabaya Perak periode 1980-2000, Marihat periode 1980-2004, Surabaya Auri periode 1981-1999, Halim Perdana Kusuma periode 1980-2002 (Sumber : BMG). Sedangkan perangkat lunak yang digunakan dalam analisis adalah *Microsoft Office 2003* dan *Minitab 14*

Metodologi

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah Studi Pustaka, metode ini digunakan untuk mencari literature dan sumber pustaka yang berkaitan dengan *sunspot* dan cuaca serta hubungannya dengan aktivitas matahari (*solar activity*)

Pengolahan data unsur cuaca dan *sunspot* dengan menggunakan Microsoft excel yaitu pengurutan data harian dari data cuaca dan sunpot. Data radiasi yang didapat merupakan data observasi dalam bentuk lama penyinaran dengan satuan persen. Sehingga perlu dikonversi menjadi $\text{Mj/m}^2/\text{hari}$. Adapun persamaan yang digunakan untuk mengkonversi lama penyinaran menjadi nilai radiasi matahari yaitu:

$$R_s = (0.25 + 0.50 \text{ n/N}) * R_a \quad (1)$$

keterangan : R_s = Radiasi matahari (Mj/ m^2), n/N = Lama penyinaran (%), R_a = radiasi extraterrestrial

Radiasi didapat nilai yang dihitung dari data lama penyinaran (sumber BMG) dan data R_a (dilampirkan). Sedangkan Minitab digunakan untuk melihat hubungan pengaruh *sunspot* terhadap perubahan cuaca di Indonesia dengan menggunakan metode regresi.

Pengaruh *sunspot* terhadap cuaca dapat ditunjukkan dengan mencari nilai R^2 antara nilai *sunspot* dengan unsur cuaca (radiasi, suhu dan RH) dari persamaan regresi. Hubungan antara Sunspot dengan unsur cuaca dapat dituliskan dalam bentuk persamaan regresi sebagai berikut :

$$Y = f(X) + e \quad (2)$$

keterangan: Y : Sebagai Sunspot, X : Sebagai unsur cuaca (Radiasi, Suhu dan RH)

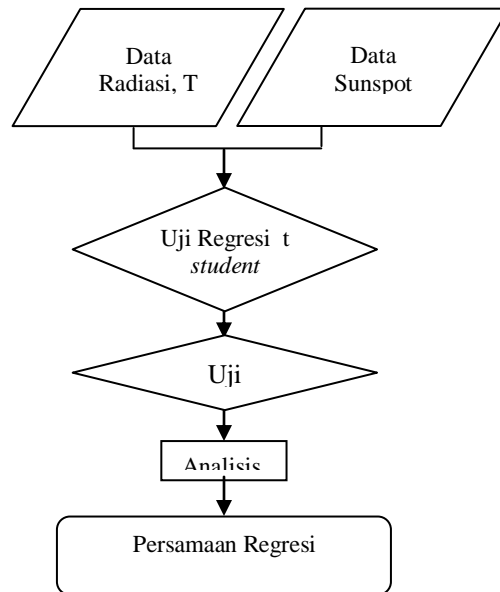
R^2 merupakan koefisien determinasi sebagai ukuran hubungan regresi (linier, kuadratik ataupun kubik) antara *sunspot* dengan unsur cuaca. R^2 didefinisikan sebagai kemampuan peubah X (prediktor) dalam menjelaskan keragaman dari peubah Y (respon). Bila R^2 besar maka hubungan antara *sunspot* dengan unsur cuaca tinggi dan persamaan yang dihasilkan semakin baik, sebaliknya jika nilai determinasi tersebut rendah maka menunjukkan hubungan yang tidak signifikan.

Kemudian dilakukan Uji *tstudent* untuk melihat seberapa nyata pengaruh nilai *sunspot* tersebut terhadap cuaca. Uji *tstudent* ini dipakai karena uji ini didasarkan pada nilai rata-rata dan s^2 serta dari contoh penarikan data yang menyebar secara normal. Sehingga *Sunspot* dapat dikatakan memiliki pengaruh yang nyata terhadap radiasi, suhu dan RH bila nilai t yang dihasilkan lebih besar

dari t table atau nilai P (peluang) menunjukkan nilai $< \alpha$. Uji ini dilakukan dengan selang kepercayaan 95% ($\alpha=0.05$).

Pengujian hipotesis ini dilakukan dengan melihat nilai peluang yang dihasilkan dari pengolahan regresi linier dan uji *tstudent*. Hipotesis yang digunakan adalah:

1. Radiasi; Tolak H_0 : sunspot meningkat maka radiasi meningkat, Terima H_1 : sunspot menurun maka radiasi meningkat
2. Suhu; Tolak H_0 : sunspot meningkat maka suhu meningkat, Terima H_1 : sunspot menurun maka suhu meningkat
3. RH; Tolak H_0 : sunspot meningkat maka RH menurun, Terima H_1 : sunspot menurun maka RH menurun



Gambar 1. Diagram Alir tahapan penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Sunspot terhadap Radiasi

Penerimaan radiasi surya di permukaan bumi sangat bervariasi menurut tempat dan waktu. Menurut tempat khususnya disebabkan oleh perbedaan letak lintang serta keadaan atmosfer terutama awan. Menurut waktu, perbedaan radiasi terjadi dalam sehari (dari pagi sampai sore hari) maupun secara Musiman (dari hari kehari). Penerimaan radiasi surya yang diterima oleh permukaan bumi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu: jarak antara matahari dan bumi, panjang hari dan sudut datang, dan pengaruh atmosfer bumi.

Bentuk persamaan antara sunspot dan radiasi disajikan pada Tabel 1. Pada Tabel 1 terlihat bahwa hasil regresi menunjukkan bahwa ketika siklus sunspot meningkat maka radiasi yang diterima dipermukaan bumi juga meningkat. Hanya terdapat 5 lokasi yang hasilnya berbeda yaitu Blang Bintang, Marihat, Pekanbaru, Banyuwangi dan Surabaya, dimana radiasi menurun ketika terjadinya siklus sunspot.

Dari 13 lokasi, terdapat 2 lokasi di lintang utara, 2 lokasi ekuator (asumsi 0-2° LU/LS dianggap ekuator), dan 9 lokasi di lintang selatan. Berdasarkan hasil yang didapat, diketahui bahwa untuk lintang utara yaitu Blang Bintang dan Marihat, radiasi menurun ketika siklus sunspot mengalami peningkatan. Sedangkan untuk daerah ekuator (Pekanbaru dan Pangkal Pinang) terdapat dua pola yaitu ketika sunspot meningkat maka radiasi juga meningkat dan pola kedua ketika sunspot menurun maka nilai radiasi menurun. Lintang selatan mengalami peningkatan radiasi yang diterima dipermukaan bumi ketika terjadinya siklus sunspot maksimum dan hanya terdapat dua lokasi yang memiliki pola yang sebaliknya yaitu Banyuwangi dan Surabaya

Tabel 1 Persamaan regresi antara sunspot dengan radiasi

| Lokasi | Regresi kubik |
|----------------|--|
| Blang bintang | $Y = 17.4 - 0.0099 X - 0.00002 X^2 + 0.000001 X^3$ |
| Marihat | $Y = 19.2 - 0.0219 X + 0.00034 X^2 - 0.000001 X^3$ |
| Pekanbaru | $Y = 18.3 - 0.0160 X - 0.00016 X^2 + 0.000001 X^3$ |
| Pangkal Pinang | $Y = 14.8 - 0.0048 X + 0.00003 X^2 + 0.000001 X^3$ |
| Bengkulu | $Y = 19.4 + 0.0296 X - 0.00034 X^2 + 0.000001 X^3$ |
| Jambi | $Y = 16.3 + 0.0468 X - 0.00067 X^2 + 0.000003 X^3$ |
| Jakarta | $Y = 16.9 + 0.0850 X - 0.00104 X^2 + 0.000004 X^3$ |
| Bandung | $Y = 20.3 - 0.0342 X + 0.00018 X^2 + 0.000000 X^3$ |
| Banyuwangi | $Y = 20.7 - 0.0038 X + 0.00020 X^2 - 0.000001 X^3$ |
| Jatiwangi | $Y = 19.6 + 0.0563 X - 0.00086 X^2 + 0.000003 X^3$ |
| Semarang | $Y = 14.5 + 0.252 X - 0.00252 X^2 + 0.000008 X^3$ |
| Surabaya | $Y = 20.4 - 0.0097 X - 0.00001 X^2 + 0.000000 X^3$ |
| Surabaya Auri | $Y = 19.9 + 0.0129 X + 0.00016 X^2 - 0.000001 X^3$ |

Ket : Y = Radiasi , X = Sunspot

Adanya perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan letak lintang dan panjang hari pada serta sudut datangnya matahari. Sehingga berdasarkan faktor faktor inilah yang menyebabkan pengaruh sunspot terhadap unsur cuaca khususnya radiasi tidak terjadi secara linier.

Tabel 2 menunjukkan nilai koefisien determinasi antara sunspot dengan unsur cuaca. Diketahui bahwa koefisien determinasi merupakan kemampuan suatu peubah prediktor (sunspot) dalam menjelaskan keragaman dari peubah respon (unsur cuaca). Berdasarkan tabel dapat dilihat bahwa kemampuan aktivitas siklus sunspot rata rata tidak terlalu besar dalam mempengaruhi perubahan keadaan cuaca di lokasi-lokasi tersebut. Koefisien tertinggi terdapat pada daerah Semarang untuk unsur radiasi sebesar 20.1%.

Tabel 2. Nilai korelasi antara sunspot dengan radiasi,suhu dan RH

| Lokasi | R ² | | |
|----------------|----------------|-------|------|
| | Radiasi | Suhu | RH |
| Blang bintang | 1.4% | 2.1% | 0.7% |
| Marihat | 6.1% | 2.0% | 3.1% |
| Pekanbaru | 3.4% | 6.1% | 2.9% |
| Pangkal Pinang | 4.7% | 2.9% | 3.4% |
| Bengkulu | 0.7% | 10.2% | 6.8% |
| Jambi | 1.2% | 4.9% | 1.1% |
| Jakarta | 3.2% | 5.1% | 2.1% |
| Bandung | 4.2% | 1.7% | 1.4% |
| Banyuwangi | 0.9% | 0.7% | 2.5% |
| Jatiwangi | 1.4% | 3.4% | 0.3% |
| Semarang | 20.1% | 2.0% | 0.6% |
| Surabaya | 0.4% | 0.6% | 1.6% |
| Surabaya Auri | 1.8% | 3.2% | 2.0% |

Pengaruh Sunspot terhadap Suhu dan RH

Pengaruh sunspot terhadap suhu dan RH dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4. Tabel 3 menunjukkan persamaan regresi hubungan antara sunspot dengan suhu. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa terdapat 10 lokasi yang menunjukkan suhu meningkat ketika nilai sunspot maksimum (naik), dan 3 lokasi (Bengkulu, Surabaya dan Surabaya Auri) menunjukkan hasil sebaliknya yaitu suhu menurun ketika jumlah sunspot meningkat.

Tabel 3 Persamaan regresi antara sunspot dengan suhu

| Lokasi | Regresi kubik |
|----------------|--|
| Blang bintang | $Y = 26.2 + 0.00734 X - 0.000043 X^2 + 0.000000 X^3$ |
| Marihat | $Y = 24.4 + 0.00841 X - 0.000082 X^2 + 0.000000 X^3$ |
| Pekanbaru | $Y = 26.3 + 0.01935 X - 0.000230 X^2 + 0.000001 X^3$ |
| Pangkal Pinang | $Y = 25.9 + 0.01641 X - 0.000148 X^2 + 0.000000 X^3$ |
| Bengkulu | $Y = 25.9 + 0.00956 X - 0.000018 X^2 - 0.000000 X^3$ |
| Jambi | $Y = 26.4 + 0.01607 X - 0.000176 X^2 + 0.000001 X^3$ |
| Jakarta | $Y = 26.6 + 0.01436 X - 0.000131 X^2 + 0.000000 X^3$ |
| Bandung | $Y = 22.8 + 0.00701 X - 0.000050 X^2 + 0.000000 X^3$ |
| Banyuwangi | $Y = 26.9 + 0.01089 X - 0.000115 X^2 + 0.000000 X^3$ |
| Jatiwangi | $Y = 26.6 + 0.01950 X - 0.000197 X^2 + 0.000001 X^3$ |
| Semarang | $Y = 27.3 + 0.01633 X - 0.000190 X^2 + 0.000001 X^3$ |
| Surabaya | $Y = 27.7 + 0.00181 X - 0.000002 X^2 - 0.000000 X^3$ |
| Surabaya Auri | $Y = 27.5 + 0.00161 X - 0.000012 X^2 - 0.000000 X^3$ |

Keterangan : Y = Suhu , X = Sunspot

Dilihat berdasarkan letak lintang, bahwa untuk lintang utara (Blangbintang dan Marihat) dan ekuator (Pekanbaru dan Pangkal pinang) mengalami peningkatan suhu udara ketika terjadinya siklus sunspot. Sedangkan untuk daerah lintang selatan terdapat dua pola yang berbeda yaitu ketika siklus sunspot terjadi maka suhu meningkat dan menurun. Adapun terdapat 3 lokasi yang mengalami penurunan suhu udara ketika sunspot meningkat yaitu Bengkulu, Surabaya dan Surabaya Auri.

Pengaruh sunspot terhadap RH dapat dilihat pada Tabel 4 dibawah. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa terdapat 6 lokasi dimana ketika terjadi siklus sunspot nilai RH mengalami peningkatan. Adapun lokasinya yaitu Blangbintang, Marihat, Pekanbaru, Bengkulu, Surabaya dan Surabaya Auri. Sedangkan 7 lokasi yang lain mengalami penurunan RH ketika terjadinya siklus sunspot.

Tabel 4 Persamaan regresi antara sunspot dengan RH

| Lokasi | Regresi cubic |
|----------------|--|
| Blang bintang | $Y = 79 + 0.03242 X - 0.000491 X^2 + 0.000002 X^3$ |
| Marihat | $Y = 85 + 0.01564 X - 0.000156 X^2 + 0.000000 X^3$ |
| Pekanbaru | $Y = 82 + 0.04351 X - 0.000680 X^2 + 0.000003 X^3$ |
| Pangkal Pinang | $Y = 83 - 0.06016 X + 0.001013 X^2 - 0.000004 X^3$ |
| Bengkulu | $Y = 85 + 0.00631 X - 0.000414 X^2 + 0.000002 X^3$ |
| Jambi | $Y = 85 - 0.03330 X + 0.000407 X^2 - 0.000001 X^3$ |
| Jakarta | $Y = 81 - 0.02029 X - 0.000096 X^2 + 0.000001 X^3$ |
| Bandung | $Y = 79 - 0.06400 X + 0.000832 X^2 - 0.000003 X^3$ |
| Banyuwangi | $Y = 74 - 0.01015 X + 0.000292 X^2 - 0.000002 X^3$ |
| Jatiwangi | $Y = 80 - 0.03812 X + 0.000505 X^2 - 0.000002 X^3$ |
| Semarang | $Y = 78 - 0.07478 X + 0.000880 X^2 - 0.000003 X^3$ |
| Surabaya | $Y = 76 + 0.05279 X - 0.000681 X^2 + 0.000002 X^3$ |
| Surabaya Auri | $Y = 77 + 0.00940 X + 0.000229 X^2 - 0.000001 X^3$ |

Ket : Y = RH , X = Sunspot

Untuk daerah lintang utara (Blangbintang dan Marihat) menunjukkan pola dimana RH meningkat ketika terjadinya siklus sunspot. Lintang selatan hamper semuanya menunjukan pola dimana ketika terjadi siklus sunspot maka RH akan mengalami penurunan, hanya terdapat 3 lokasi yang berpola sebaliknya yaitu Bengkulu, Surabaya dan Surabaya Auri.

Pengaruh Sunspot terhadap radiasi, suhu dan RH

Radiasi meningkat akan mengakibatkan peningkatan suhu udara dan penurunan kelembaban (RH), ataupun sebaliknya. Berdasarkan pernyataan tersebut terdapat beberapa pola pengaruh sunspot terhadap cuaca seperti pada daerah Pangkal Pinang, Jambi, Jakarta, Bandung, Jatiwangi, Semarang, dan Surabaya. Dimana ketika sunspot mengalami peningkatan jumlah maka radiasi yang diterima dipermukaan bumi meningkat diikuti juga dengan peningkatan suhu udara dan penurunan kelembaban udara (RH), kecuali untuk daerah Surabaya yang mengalami penurunan radiasi yang diikuti menurunnya suhu dan meningkatnya RH ketika terjadi siklus sunspot. Tetapi hal ini tidak berlaku untuk beberapa lokasi yang lain.

Berbeda dengan pengaruh sunspot terhadap radiasi, pengaruh sunspot terhadap suhu dan RH tidak secara langsung. Hal ini karena suhu dipengaruhi oleh penerimaan radiasi dipermukaan bumi. Faktor lain juga sangat mempengaruhi seperti ketinggian tempat, penutupan awan dan adanya pengaruh dari gas rumah kaca

Uji Regresi dan Nilai Peluang

Tabel 5 menunjukkan bahwa hubungan antara sunspot dengan unsur cuaca berdasarkan hasil dari nilai peluang. Nilai peluang ini merupakan salah satu pengujian koefisien regresi dengan taraf nyata 0.05. Untuk radiasi hampir 50% terdapat hasil bahwa nilai peluang (P-value) lebih kecil dari nilai taraf nyata sehingga menunjukkan hubungan yang nyata (signifikan). Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa rata rata nilai peluang yang dihasilkan lebih besar dari nilai taraf nyata yang ditetapkan.

Berdasarkan uji regresi yang telah dibuat menunjukkan bahwa radiasi yang diterima dipermukaan bumi akan meningkat dengan adanya peningkatan aktivitas di permukaan matahari khususnya sunspot. Akan tetapi hal ini tidak berlaku untuk suhu dan RH karena kedua unsur cuaca ini dipengaruhi oleh radiasinya sendiri dan beberapa faktor antara lain yaitu tempat, letak lintang, emisi dari permukaan bumi (emisi gelombang panjang), penutupan awan, dan atmosfer (adanya pengaruh gas rumah kaca).

Tabel 5. Nilai peluang dari persamaan regresi antara sunspot dan cuaca

| Lokasi | P | | |
|----------------|----------|----------|----------|
| | Radiasi | Suhu | RH |
| Blang bintang | 0.351 tn | 0.193 tn | 0.683 tn |
| Marihat | 0.001 n | 0.130 tn | 0.029 n |
| Pekanbaru | 0.036 n | 0.002 n | 0.068 tn |
| Pangkal Pinang | 0.005 n | 0.047 n | 0.023 n |
| Bengkulu | 0.598 tn | 0.000 n | 0.000 n |
| Jambi | 0.356 tn | 0.004 n | 0.420 tn |
| Jakarta | 0.033 n | 0.003 n | 0.123 tn |
| Bandung | 0.009 n | 0.199 tn | 0.268 tn |
| Banyuwangi | 0.524 tn | 0.679 tn | 0.127 tn |
| Jatiwangi | 0.280 tn | 0.027 n | 0.846 tn |
| Semarang | 0.000 n | 0.141 tn | 0.664 tn |
| Surabaya | 0.779 tn | 0.726 tn | 0.317 tn |
| Surabaya Auri | 0.258 tn | 0.060 n | 0.218 tn |

Keterangan : Pengaruh SSN nyata jika nilai peluang < 0.05 ; SK =0.95

Pada Tabel 6 disajikan respon yang diterima oleh unsur cuaca akibat adanya aktivitas sunspot. Untuk radiasi, terdapat 7 lokasi yang tidak merespon secara langsung aktivitas sunspot terhadap sedangkan 6 lokasi yang lain merespon secara langsung. Sedangkan untuk suhu hampir semua lokasi mengalami respon secara langsung terhadap perubahan siklus sunspot. Akan tetapi hal ini tidak berpengaruh lebih besar terhadap suhu karena perubahan suhu disebabkan oleh adanya perubahan dari radiasi yang diterima dipermukaan bumi, begitu juga untuk RH.

Tabel 6. Nilai lag pengaruh siklus sunspot terhadap cuaca

| Lokasi | Lag (bulan) | | |
|----------------|-------------|------|----|
| | Radiasi | Suhu | RH |
| Blang bintang | 0 | 0 | 2 |
| Marihat | 6 | 0 | 0 |
| Pekanbaru | 0 | 0 | 1 |
| Pangkal Pinang | 2 | 0 | 0 |
| Bengkulu | 0 | 0 | 0 |
| Jambi | 2 | 0 | 1 |
| Jakarta | 2 | 0 | 0 |
| Bandung | 2 | 1 | 2 |
| Banyuwangi | 0 | 0 | 0 |
| Jatiwangi | 2 | 0 | 2 |
| Semarang | 1 | 0 | 0 |
| Surabaya | 0 | 0 | 0 |
| Surabaya Auri | 0 | 0 | 2 |

Adanya nilai lag ini disebabkan oleh adanya pengaruh faktor lain terhadap penerimaan radiasi dan perubahan unsur cuaca yang lain. Faktor lain tersebut seperti letak lintang, ketinggian tempat dan adanya pengaruh aktivitas atmosferik seperti gas rumah kaca.

Tabel 7 merupakan perubahan yang diharapkan atau terjadi pada radiasi ketika adanya perubahan aktivitas siklus sunspot. Perubahan ini tidak akan sama untuk setiap tempat. Hal ini tergantung dari suatu tempat dalam merespon penerimaan radiasi matahari yang ditimbulkan oleh aktivitas sunspot dan juga adanya faktor sudut datangnya matahari. Persamaan antara radiasi dengan sunspot adalah $Y = 14.5 + 0.252 X - 0.00252 X^2 + 0.000008 X^3$

Tabel 7. Perubahan radiasi akibat perubahan sunspot (Contoh kasus Semarang)

| X | Y | ΔX | ΔY |
|-----|-------|------------|------------|
| 100 | 22.46 | 50 | 0.41 |
| 90 | 22.66 | 40 | 0.61 |
| 80 | 22.77 | 30 | 0.72 |
| 70 | 22.72 | 20 | 0.67 |
| 60 | 22.50 | 10 | 0.45 |
| 50 | 22.05 | 0 | 0.00 |
| 40 | 21.32 | -10 | -0.73 |
| 30 | 20.29 | -20 | -1.76 |
| 20 | 18.90 | -30 | -3.15 |
| 10 | 17.12 | -40 | -4.93 |

Ket : X = Sunspot , Y = Radiasi

Berdasarkan Tabel 8 dapat dilihat perbandingan nilai unsur cuaca antara observasi dengan hasil dugaan regresi setelah nilai sunspot dimasukkan kedalam persamaan. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa nilai yang dihasilkan dari dugaan regresi tidak terlalu berbeda jauh dengan data lapangan.

Tabel 8. Perbandingan nilai unsur cuaca observasi dengan dugaan

| | Observasi | | | SSN | Dugaan Regresi | | |
|--------|-----------|------|----|------|----------------|-------|-------|
| | Radiasi | Suhu | RH | | Radiasi | Suhu | RH |
| Jan-04 | 19.8 | 24.8 | 83 | 37.3 | 19.10 | 24.57 | 85.03 |
| Feb-04 | 18.7 | 24.8 | 85 | 45.8 | 19.14 | 24.58 | 85.05 |
| Mar-04 | 21.4 | 25.3 | 83 | 49.1 | 19.15 | 24.59 | 85.06 |
| Apr-04 | 21.9 | 25.9 | 82 | 39.3 | 19.11 | 24.57 | 85.04 |
| May-04 | 21.1 | 25.5 | 80 | 41.5 | 19.12 | 24.58 | 85.05 |
| Jun-04 | 19.2 | 25.2 | 80 | 43.2 | 19.12 | 24.58 | 85.05 |
| Jul-04 | 16.9 | 24.4 | 85 | 51.1 | 19.16 | 24.59 | 85.06 |
| Aug-04 | 20.0 | 24.9 | 82 | 40.9 | 19.11 | 24.58 | 85.04 |
| Sep-04 | 19.6 | 24.7 | 84 | 27.7 | 19.06 | 24.54 | 84.98 |
| Oct-04 | 18.3 | 24.5 | 86 | 48 | 19.15 | 24.58 | 85.06 |
| Nov-04 | 19.5 | 24.8 | 84 | 43.5 | 19.13 | 24.58 | 85.05 |
| Dec-04 | 16.4 | 24.4 | 86 | 17.9 | 19.03 | 24.49 | 84.89 |

Keterangan : Studi Kasus Daerah Marihat

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan bahwa di pengaruh sunspot terhadap perubahan cuaca di Indonesia adalah, untuk radiasi terdapat 6 lokasi yang mengalami pengaruh yang nyata dan 7 lokasi yang pengaruh sunspotnya tidak nyata. Untuk suhu udara terdapat 7 lokasi yang mengalami perubahan yang nyata terhadap perubahan sunspot. Sedangkan untuk RH terdapat 3 lokasi yang mengalami perubahan ketika terjadi perubahan siklus sunspot. Perbedaan pengaruh ini dikarenakan suhu dan RH dipengaruhi oleh penerimaan radiasi matahari dipermukaan bumi serta pengaruh lintang dan tempat. Sehingga menyatakan bahwa pengaruh siklus sunspot terhadap perubahan cuaca di Indonesia adalah nyata

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, S. D. 2004. Identifikasi Siklus Bintik Matahari terhadap Spektrum Curah Hujan di Pulau Jawa. Skripsi. FMIPA. IPB. Tidak dipublikasikan.
- Chistian, A. 2004. Pengaruh Aktivitas Matahari (*Solar Activity*) terhadap Perubahan Cuaca di Indonesia Berdasarkan Teori Fractal dan Hubungannya dengan Fenomena EL-Nino. Skripsi. FMIPA. IPB. Bogor. Tidak dipublikasikan.
- Hathaway, D. H. and Wilson, R. M. 2004, "What the Sunspot Record Tells Us about Space Climate", Solar Phys., submitted.

- Hathaway, D. H., Wilson, R. M., and Reichmann, E. J. 2002, "Group Sunspot Numbers: Sunspot Cycle Characteristics", *Solar Phys.*, 211, 357.
- Lean, L and Rind, D. 1996. The sun and climate. Consequences. 2:1
- Susanto, R 2003 Pengaruh Kegiatan Matahari Pada Medan Magnet dan Atmosfer Bumi. Almanak NUBIKAPUSNUBIKA YNI-AD.
- Walpole, R. E. 1995. Pengantar Statistika. Edisi ke-3. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Wirjohamidjojo S. 2000. Ragam iklim di bumi. *Dalam* Kamus Istilah Meteorologi. Pusat Pembinaan dan Pengembangan Bahasa Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Jakarta.
- Yatini, C. Y. 2004 Variasi konstanta matahari dan kaitannya dengan aktivitas matahari. *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia*. 0420:A4
- <http://science.nasa.gov/solar/sunspots.htm>
- Yuli . 2000. Matahari [http:// www.google.co.id/softhome.net/matahari.htm](http://www.google.co.id/softhome.net/matahari.htm)
- <http://www.lablink.or.id/Eko/matahari.htm>